

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»
(СПбГТИ(ТУ))

ОПИСАНИЕ¹

дополнительной профессиональной программы повышения квалификации
(далее - программа)
«Основы технологии молекулярного наслаивания»

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

знать:

- "основно-функциональную" теорию строения твердого вещества;
- принципы метода молекулярного наслаивания;
- размерно-структурные эффекты, наблюдаемые в продуктах молекулярного наслаивания;
- возможности технологии молекулярного наслаивания по синтезу наноразмерных покрытий заданного состава и строения;
- технологии производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (А/01.6, А/02.6);
- аппаратное оформление процессов синтеза по технологии молекулярного наслаивания;
- способы контроля протекания процесса синтеза и физико-химические методы оценки изменения функциональных характеристик модифицированных объектов;
- технологию производства продукции предприятия (квалификационные требования для следующих должностей: - главный технолог; начальник исследовательской лаборатории; инженер-технолог (технолог));
- возможные области применения технологии молекулярного наслаивания в производстве.

уметь:

- подбирать необходимые реагенты и условия проведения синтеза методом молекулярного наслаивания покрытий заданного состава;
- оценивать возможность использования установок проточного или проточно-вакуумного типа для синтеза покрытия заданного состава на поверхности модифицируемого объекта.

владеть навыками:

- осуществления синтеза по технологии молекулярного наслаивания на установках молекулярного наслаивания проточного и проточно-вакуумного типов.

¹ Составлено на основании разделов 2, 5, 6, 7 утвержденной программы и установленного шаблона

2. РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ УЧЕБНЫХ ПРЕДМЕТОВ, КУРСОВ, ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ), ПРАКТИК, СТАЖИРОВОК, РАЗДЕЛОВ, ТЕМ

2.1 Содержание лекций

| № темы | Название темы | Объем, час |
|--------|---|------------|
| 1 | Технология молекулярного наслаивания Остовно-функциональное строение твердого вещества. Реакции функционалов и остовные реакции твердого вещества. Функциональные ряды, их свойства и система функциональных превращений в гомологическом ряду твердых веществ. Принципы метода молекулярного наслаивания. Формирование многослойных и многозонных структур методом молекулярного наслаивания. Размерно-структурные эффекты в продуктах молекулярного наслаивания. Специфические свойства сверхтонких слоев. | 2 |
| 2 | Синтетические возможности технологии молекулярного наслаивания Получение функциональной поверхности с заданной реакционной способностью. Регулирование физико-химических свойств поверхностных структур. Регулирование параметров пористой структуры твердого тела и его приповерхностного слоя. Термическая устойчивость тонкослойных систем. Проведение синтеза оксидных, нитридных и сульфидных покрытий. Плазмо-химическая активация поверхности, применение реагентов в виде плазмы, озона. Осаждение металлических покрытий, молекулярно-слоевое осаждение (Molecular Layer Deposition). Травление атомарного слоя (Atomic Layer Etching). Пост-синтетическая обработка покрытий. | 2 |
| 3 | Техническая реализация процессов молекулярного наслаивания Аппаратурное оформление процессов в системе "газ - твердое", реализующих технологию молекулярного наслаивания на поверхности различных матриц. Проточные, вакуумные и проточно-вакуумные установки. Обработка дисперсных материалов во взвешенном слое. Пространственное разделение потоков реагентов. Активация поверхности матрицы, радикало-стимулированный процесс. Особенности конструктивных решений. Организация процесса молекулярного наслаивания в системе "жидкое - твердое". | 2 |
| 4 | Способы контроля протекания процесса синтеза Весовой контроль протекания процесса. Эллипсометрия тонких пленок. Возможности Сканирующей Зондовой Микроскопии. Оценка изменения функциональных свойств матрицы (проводимость, отражательная способность, смачиваемость, изменение кислотно-основных свойств). ИК-спектроскопия МНПВО. Электронная спектроскопия диффузного отражения. | 2 |
| 5 | Области применения технологии молекулярного наслаивания Перспективы применения технологии молекулярного наслаивания: в микро- и наноэлектронике, создании электролюминесцентных устройств и люминесцентных композитов, фотопреобразователей энергии, суперконденсаторов. Создание сенсоров, катализаторов, каталитических мембранных реакторов. Изменение функциональных свойств полимеров. Керновые пигментные материалы. Создание нанокерамики и композитов. Нанесение тонкопленочных покрытий различного назначения. | 2 |
| Всего | | 10 |

2.2 Содержание лабораторных занятий

| № темы | Содержание занятия | Объем, час |
|--------|--|------------|
| 3 | Конструктивные особенности установок молекулярного наслаивания различного типа. | 2 |
| | Проведение синтеза по технологии молекулярного наслаивания на установке проточного типа | 2 |
| | Проведение синтеза по технологии молекулярного наслаивания на установке проточно-вакуумного типа | 2 |
| Всего | | 6 |

3. ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ, ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

3.1. Формы контроля и аттестации, оценочные материалы по учебным предметам, курсам, дисциплинам (модулям), практикам, стажировкам, разделам, темам
Промежуточная аттестации и текущий контроль в программе не предусмотрены

3.2.Оценочные материалы для итоговой аттестации

Итоговая аттестация проводится в устной форме в виде зачета.

3.2.1 Вопросы к итоговой аттестации по освоению программы

1. Реакции молекулярного наслаивания как химические превращения в гомологическом ряду твердых веществ.
2. Основные особенности остовно-функционального химического строения твердых веществ и полинаправленность их химических превращений.
3. Нанотехнология на принципах молекулярного наслаивания.
4. Технологические стадии осуществления одного цикла МН.
5. Технологические параметры при организации процесса МН.
6. Схема экспериментальной установки с реактором проточного типа и описание процесса синтеза оксидного покрытия.
7. Схема типовой вакуумной установки молекулярного наслаивания и описание процесса синтеза оксидного покрытия.
8. Способы контроля процесса молекулярного наслаивания *in situ*
9. Эллипсометрическая оценка толщины синтезируемого покрытия
10. Структурно-размерные эффекты в продуктах, полученных по технологии молекулярного наслаивания, и их связь с возможными областями применения.
11. Стадии производства интегральных схем, на которых целесообразно применение технологии молекулярного наслаивания.
12. Схема типовой структуры электролюминесцентной панели и ее реализация с использованием метода молекулярного наслаивания.
13. Какой структурно-размерный эффект реализуется при создании с применением метода молекулярного наслаивания ядерных пигментов и наполнителей? Привести примеры.
14. Чем обусловлено преимущество каталитических и сорбционных материалов, полученных методом молекулярного наслаивания, перед традиционным способом пропитки пористых носителей?
15. В чем преимущество метода молекулярного наслаивания перед традиционными механическим смешением при легировании керамических материалов с целью снижения температуры и ускорения их спекания?
16. Регулирование транспортных и каталитических характеристик мембранных керамических реакторов с применением метода молекулярного наслаивания.

4. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

4.1. Учебно-методическое обеспечение программы

4.1.1. Основная литература:

1. Беляков, А.В. Химические основы нанотехнологии твердофазных материалов различного назначения: учебное пособие/ А.В. Беляков, Е.В. Жариков, А.А. Малыгин. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006.- 102 с.
2. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие./ Н.В.Захарова, Е.А.Соснов - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 92 с.
3. Малыгин, А.А. Свойства и применение функциональных наноматериалов: Текст лекций/ А.А. Малыгин, А.А. Малков - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 71 с.
4. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин- СПб: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 74 с.

4.1.2. Дополнительная литература

1. Алесковский, В.Б. Стехиометрия и синтез твердых соединений/ В.Б. Алесковский. - Л.: Наука, 1976.- 140 с.
2. Алесковский, В.Б. Химия твердых веществ: учебное пособие для вузов/ В.Б. Алесковский. - М.: Высшая школа, 1978 - 256 с.
3. Алесковский, В.Б. Химия надмолекулярных соединений/ В.Б. Алесковский. - СПб.: СПбГУ, 1996.- 256 с.
4. Кольцов, С.И. Состав и химическое строение твердых веществ: учебное пособие/ С.И. Кольцов. - Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1987. - 84 с.
5. Кольцов, С.И. Реакции молекулярного наслаивания: текст лекций/ С.И. Кольцов. - СПб.: СПбТИ, 1992.- 63 с.
6. Нанотехнологии в электронике/ Под ред. Ю.А.Чаплыгина.- М.: Техносфера, 2005. - 446 с.
7. Рамбиди, Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий/ Н.Г. Рамбиди, А.В. Березкин. - М.: Физматлит. 2009. – 456 с.
8. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологии / В.В.Старостин.- М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015.- 434 с. (ЭБС)
9. Физические методы исследования наноструктур и поверхности твердого тела: учебное пособие/ В.И. Троян, М.А. Пушкин, В.Д. Борман, В.Н. Тронин.- М.: МИФИ, 2008.- 260 с.

4.2 Материально-техническое обеспечение программы

| Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий | Вид занятий | Наименование оборудования, программного обеспечения |
|---|----------------------|--|
| Аудитория | лекции | Компьютер с выходом в локальную сеть СПбГТИ (ТУ) и в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска |
| Технологическая лаборатория | лабораторные занятия | Технологические установки молекулярного наслаивания, ПО управлением процессом молекулярного наслаивания нанопокрывтий заданной толщины и состава (Св-во регистрации программы ЭВМ RU 2020618405) |

4.3.Кадровые условия реализации программы

Программа реализуется квалифицированными специалистами в области тонкопленочных технологий, в т.ч. из числа сотрудников Первого Всероссийского инжинирингового центра технологии молекулярного наслаивания (ИЦТМН) СПбГТИ(ТУ).